

Condensação da Água Atmosférica com Peltier

Igor T. B. Medeiros, Matheus S. Oliveira
& Victor E. N. A. Pericoli

O trabalho consiste na análise de simulações para obtenção de água do ar atmosférico com uso de módulos peltier e dissipadores, testando a eficiência da temperatura na extensão das aletas e na condensação da água, ambos com influência de ventilação forçada e umidade. Os resultados mostram que sem o uso da ventilação é possível atingir a temperatura do ponto de orvalho até a extremidade das aletas em situações de baixa umidade, com alta umidade tal temperatura atingiu a extremidade tendo ou não o uso da ventilação forçada, porém a fração de água condensada foi prejudicada conforme o aumento da ventilação.

Palavras-chave: *ponto de orvalho; módulos peltier; condensação.*

This work consists of the analysis of simulations to obtain water from atmospheric air using peltier modules and heatsinks, testing the efficiency of the temperature in the extension of the fins and the condensation of water, both with the influence of forced ventilation and humidity. The results show that without the use of ventilation it is possible to reach the dew point temperature to the fins end in low humidity situations, with high humidity this temperature reached the extremity with or without the use of forced ventilation, but the fraction of Condensed water was impaired as ventilation increased.

Keywords: *dew point; peltier modules; condensation.*

Introdução

Segundo especialistas, em 2012, a previsão era que mais de 40% da população mundial não teria acesso à água potável naquele mesmo ano. A demanda é crescente devido ao aumento populacional, à produção agrícola e a outros usos, tornando um cenário enxertado de incertezas e conflitos, sem contar a demanda mundial, a qual aumentará em torno de 55% até 2050 ameaçando aumentar os riscos de embates no mundo¹.

De acordo com a OMS (Organização Mundial da Saúde), em 2015, 5,2 bilhões de pessoas tiveram água potável para o seu uso. Os 2,1 bilhões restantes, tiveram que se deslocar no mínimo 30 minutos para a sua coleta, outros consumiram água duvidosa de poças e nascentes ou usaram água não tratada de lagos, rios, córregos e poças². Como resultado, 361 000 crianças abaixo de 5 anos morrem devido à diarreia todo o ano, como também outras doenças como cólera, disenteria, hepatite A e febre tifoide podem ser transmitidas por conta de água imprópria para consumo³. E com o aumento da população, mudanças climáticas e má urbanização já se mostram um desafio para a distribuição de água, sendo a previsão para o ano de 2025 que metade da população vá sofrer pela falta de água².

Os lugares que mais sofrem a escassez de água são locais secos no qual aquela região a quantidade é limitada e lugares pobres, onde existe quantidade suficiente para a população, porém não possui tratamento adequado por questões econômicas, políticas ou guerrilhas^{3,4}. A distribuição para essas regiões é inviável economicamente, enquanto o vapor d'água está sempre presente, em maior quantidade próximo ao equador e menor quantidade longe dele⁵, podendo ser uma melhor solução para o futuro. Existem algumas maneiras para se retirar água do ar, como resfriando esse ar abaixo da temperatura do ponto de orvalho, ou absorvendo água com um líquido ou sólido dessecante e logo depois evaporar essa água absorvida e condensar o vapor⁶.

Atualmente, existem produtos no mercado que realizam esse tipo de serviço, como Veragon, Skywater, WaterFrom Air, entre outras. Porém são máquinas grandes e com um grande consumo de energia, sendo seu uso ideal em aglomerados de pessoas. Algumas pesquisas foram feitas

utilizando módulos peltier para condensar a água. Abraham Mansouri *et al*⁷ criaram um protótipo para a condensação da água atmosférica observando os resultados da ventilação forçada e natural, conseguindo 116 ml/hr de água, concluindo que a ventilação forçada dificulta a condensação da água em grande parte dos casos, mas podendo ajudar quando as condições estiverem boas.

Enquanto Shanshan Liu *et al*⁸ conseguiram uma máximo de 25,1 g/h de água, concluindo que com o aumento do fluxo de ar junto com a alta umidade, obtém-se maior quantidade de água condensada, porém uma menor taxa de condensação, sendo as principais condições paratal taxa, a baixa capacidade de resfriamento, área de liquefação, pouco tempo de contato com o ar e a adesão das gotas na aleta de resfriamento. Muñoz-García *et al*⁹ armazenou energia produzida por placas solares para suprir os módulos peltier em horários específicos e condensar a água alimentando mudas de árvores, conseguindo valores de 2 - 4 mL após 1 hora. Também encontraram as melhores horas para a coleta, entre às 5 e 8 horas, com pressuposto de que abaixo de 20% de umidade relativa não seria ideal para a coleta.

A maior contribuição deste trabalho envolve a simulação computacional da estrutura responsável pela condensação, sendo parte de um produto portátil, pensado para regiões com falta de água, proporcionando a retirada desta através do ar atmosférico, apresentando resultados parciais, revelando a possibilidade do uso de um aparato tecnológico para esta função.

Referencial Teórico

Segundo a NASA (2017), a composição atmosférica do ar no Planeta Terra é de 78,08% Nitrogênio, 20,95% Oxigênio, 9340 ppm de Argônio, 400 ppm de Dióxido de carbono, 18,18 ppm de Neón, 5,25 ppm de Hélio, 1,7 ppm de Criptón e 0,55 ppm de Hidrogênio¹⁰. Existe também material sólido disperso, como poeira, pólen, micro-organismos, entre outras coisas, e uma pequena parcela de vapor d'água, ou em forma condensada como nuvens, neblinas e chuvas¹¹. Essa quantidade é maior com o aumento da temperatura. Em geral, próximo ao equador, a umidade absoluta do ar pode

chegar a 20 g/m^3 numa média por ano, enquanto nos polos esse valor chega a 3 g/m^3 ⁵.

De forma básica, a condensação é a transformação do gás ou vapor em líquido, ocorrendo quando o gás entra em contato com uma região fria. A água, como todas as matérias, é formada por moléculas equando aquecida, elas começam a se agitar até se transformarem em vapor, ou seja, movem-se rapidamente permanecendo afastadas uma das outras. Quando o vapor encontra algum gás ou uma superfície fria, as moléculas de água agitadas começam a perder energia, e por estarem com menos movimento, a força intermolecular se torna mais forte, agrupando-as, ocorrendo assim a condensação ¹².

As moléculas de H_2O mostrada na Figura 1 vão se unindo através de uma força intermolecular chamada Ligação de Hidrogênio, um tipo especial de atração dipolo-dipolo que ocorre especificamente com as ligações do hidrogênio ligado ao oxigênio, nitrogênio e flúor ¹³. Essa força intermolecular é mais fraca que a força intramolecular, sendo ela quem define os estados da matéria, com energia necessária de $40,67 \text{ kJ/mol}$ acontece a quebra da ligação transformando-a em vapor, e do mesmo modo acontece a condensação, mas com a perda desta energia ¹⁴ que pode ser alcançada com a utilização de um termoeétrico.

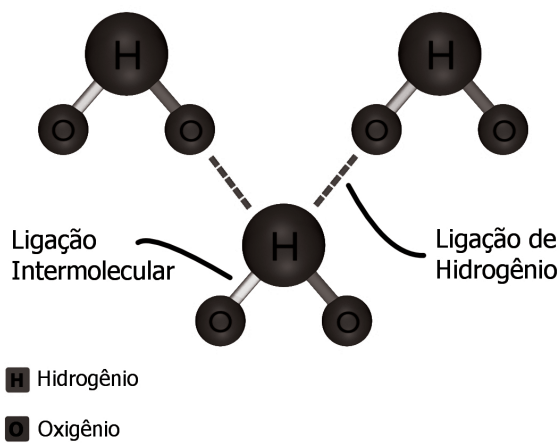


Figura 1: Ligação Intramolecular e Intermolecular. Fonte: referência [13].

Basicamente “O efeito termoeétrico é literalmente associado com os fenômenos térmicos e elétricos. Esse efeito pode converter diretamente energia térmica em energia elétrica ou vice-versa” ¹⁵. Os módulos que estão presentes no mercado hoje se utilizam do efeito peltier, conhecidas como pastilha de Peltier, Figura 2, sua construção se baseia em um grande número de semicondutores dopados com o tipo-N e tipo-P, ligados em série eletricamente e paralelos termicamente, placas de cerâmica de alta condutividade térmica e baixa condutividade elétricas usadas em ambos os lados para formarem o módulo ¹⁵. O material do tipo-P possui um déficit de elétron enquanto o material do tipo-N possui excesso de elétrons. Os elétrons do tipo-P se movem para o material do tipo-N absorvendo energia (lado frio), e quando os elétrons fluem do material do tipo-N para o material do tipo-P, libera energia (lado quente). Esse princípio se baseia nos níveis de energia dos elétrons ¹⁶. Apesar do seu baixo coeficiente de performance (COP), existem algumas vantagens. Não existem partes móveis, tento menos risco de falhar durante a operação, são compactas e silenciosas ¹⁷.

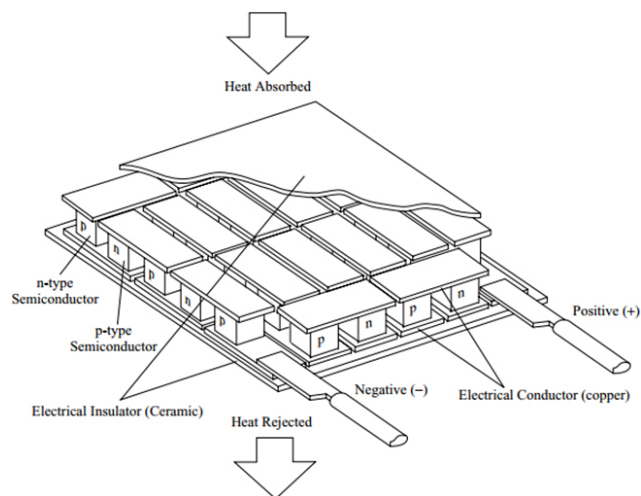


Figura 2: Módulo Peltier. Fonte: referência [15].

Tanto para a condensação da água quanto para dissipação de calor, é necessária a transferência de energia entre o módulo peltier e os dissipadores por meio da condução e convecção. Condução é a transferência de energia da molécula mais agitada para a menos agitada de um material, sem que ocorra transporte de matéria, enquanto na convecção ocorre também a transferência de energia, porém com movimento do fluido, se não existe tal movimento o processo volta a ser definido como condução¹⁸.

A temperatura da aleta estará maior que a temperatura do lado frio do peltier, assim ocorre a transferência de calor até que a extremidade do dissipador fique na temperatura do ponto de orvalho, enquanto o lado quente do peltier do mesmo modo estará transferindo energia térmica para a aleta responsável pela dissipação do calor. O movimento de fluido nos dissipadores aumenta a sua taxa de propagação térmica¹⁸, resfriando o lado quente do peltier evitando a queima do termoelétrico e o equilíbrio entre os lados quente e frio. Apesar de a ventilação ajudar na dissipação de energia térmica e aumentar o fluxo de ar, ela mostrou interferir na condensação da água, tendo variações, como de acordo com experimentos realizados por Abraham Mansouri *et al*⁷, em que a utilização da ventilação forçada de 1 m/s e 2 m/s com umidade de 60% impactou negativamente enquanto para umidade de 80% a ventilação mostrou ser efetiva, também mostrado por Shanshan Liu *et al*⁸, com o aumento do volume de ar entrando, se teve um aumento de água condensada com umidades altas.

Metodologia

O modelo proposto no trabalho foi desenvolvido para condensar e verificar a quantidade de água coletada, sendo elaborado no Solidworks, software baseado em computação paramétrica, dando a possibilidade de criação de formas tridimensionais através de operações geométricas, e simulado no Ansys, software utilizado para projetar produtos, como também utilizado para simulações de distribuição de temperatura, movimento de fluidos, teste de resistência de materiais bem como outros, observando

o ponto de orvalho do sistema baseado na temperatura ambiente, umidade relativa, além da dissipação de calor, de acordo com o sistema proposto.

SUPERFÍCIE ESTENDIDA LADO FRIO

Foram definidos alguns parâmetros para a dimensão do dissipador. A base deve ter as mesmas medidas da placa peltier, 40x40 mm. Para as aletas, definiu-se a quantidade de 07 (sete), com espessura de 1,9 mm e espaçamento entre elas de 4,45 mm, espaço suficiente para não reter água devido a sua capilaridade¹⁹. Para definir o tamanho da aleta ($L = x$) foi utilizada a Equação 01, analisando a temperatura (T) na extremidade da aleta. Supondo condições ruins para a condensação da água, temperatura ambiente de $T_{\infty} = 35^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $HR=20\%$, coeficiente convectivo de $h = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$ e condutividade térmica da aleta de $k = 177 \text{ W/mK}$, devido material ser Alumínio Liga 2024-T6. Nessas condições, o ponto de orvalho (PO) é de $8,66^{\circ}\text{C}$ no qual seria a temperatura da base T_b . Em que P é o perímetro e A_{tr} a área transversal da aleta.

$$T = \left(\frac{\cosh(m(L-x)) + \left(\frac{h}{mk}\right) \sinh(m(L-x))}{\cosh(mL) + \left(\frac{h}{mk}\right) \sinh(mL)} \right) (T_b - T_{\infty}) \quad (\text{Eq. 01})$$

$$m = (hP/kA_{tr})^{1/2} \quad (\text{Eq. 02})$$

Uma margem de erro de -2°C na temperatura do peltier foi adicionada para manter todo o dissipador na temperatura do ponto de orvalho. Como se pode observar na Figura 3, se o peltier começar na temperatura de condensação, as aletas estarão acima desta. Ajustando a temperatura, faz com que o dissipador tenha sua estrutura abaixo do tal ponto.

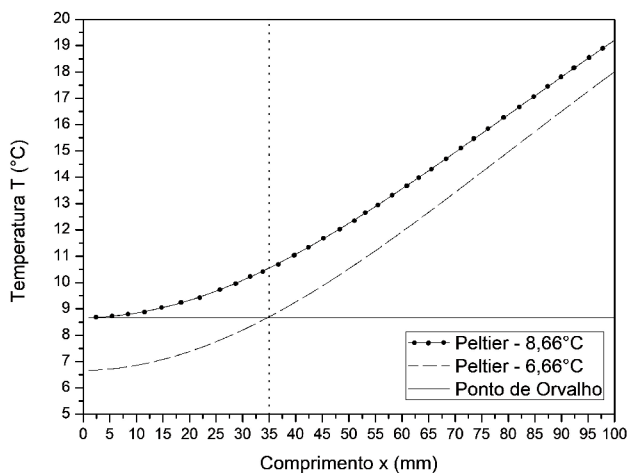


Figura 3: Eficiência da aleta. Fonte: Autor.

Pela Figura 3, é possível observar o comprimento ideal da aleta para o projeto 35 mm, sendo, por ser a medida limite de alcance da temperatura até a sua extremidade. Isso não significa que não possa ter outra dimensão, mas para os testes propostos, esta será a dimensão usada. A Figura 4 mostra o modelo 3D com unidades em mm.

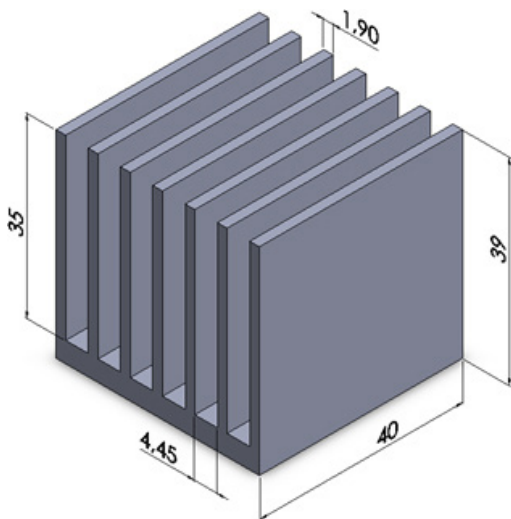


Figura 4: Dissipador de calor lado frio. Fonte: Autor.

Deve-se observar que com o aumento da condutividade e difusividade térmica do dissipador de calor, mais eficiente se torna o processo de condução, possibilitando desta maneira o uso de comprimentos maiores das aletas, e como consequência, mais área de contato do ar com a superfície fria²⁰.

SUPERFÍCIE ESTENDIDA LADO QUENTE

Como discutido anteriormente, é necessário o uso de um dissipador de calor no lado quente do módulo peltier. Com as equações a seguir, é possível determinar a taxa de transferência de calor Q , a Equação 7 determina a taxa para uma única aleta, em que t , w e L , e são a espessura, largura e comprimento da aleta respectivamente, L_c é o comprimento corrigido, A_{aleta} é a área superficial e η_{aleta} é a sua eficiência.

$$m = \sqrt{\frac{2h}{kt}} \tag{Eq. 03}$$

$$L_c = L + \frac{t}{2} \tag{Eq. 04}$$

$$A_{aleta} = 2wL_c \tag{Eq. 05}$$

$$\eta_{aleta} = \frac{\tanh mL_c}{mL_c} \tag{Eq. 06}$$

$$\dot{Q} = \eta_{aleta} h A_{aleta} (T_b - T_\infty) \tag{Eq. 07}$$

$$\dot{Q}_{total,aleta} = \dot{Q}_{n\tilde{a}o\ aletada} + \dot{Q}_{aleta} \tag{Eq. 08}$$

$$\dot{Q}_{total,aleta} = h A_{n\tilde{a}o\ aletada} (T_b - T_\infty) + \eta_{aleta} h A_{aleta} (T_b - T_\infty) \tag{Eq. 09}$$

$$\dot{Q}_{total,aleta} = h (A_{n\tilde{a}o\ aletada} + \eta_{aleta} A_{aleta}) (T_b - T_\infty) \tag{Eq. 10}$$

Entretanto, é necessário considerar a parte não aletada da superfície, sendo assim, a taxa de transferência de calor para superfície contendo naletas podem ser expressa pela Equação 10.

PONTO DE ORVALHO

Para obtenção do ponto de orvalho, é necessário um sistema de observação, obtenção e controle de informações, podendo ser utilizado um microcontrolador, trabalhando junto a um sensor de umidade e temperatura, o qual

transmite informações necessárias para condensação, porém isto não foi desenvolvido neste trabalho. Assim, é calculado por meio da Equação 12, a temperatura que o módulo peltier deve atingir para transferir ao dissipador do lado frio, T_{po} = Temperatura ponto de orvalho, utilizando as constantes 237,7 e 17,27, UR = Umidade Relativa e T_{BS} = Temperatura de Bulbo Seco, também conhecida como temperatura ambiente, além do ajuste de -2°C para o sistema de refrigeração, como já mencionado.

$$T_{PO} = \left(\frac{237,7 \cdot \left[\ln\left(\frac{UR}{100}\right) + \frac{17,27 + T_{BS}}{237,7 + T_{BS}} \right]}{17,27 - \left[\ln\left(\frac{UR}{100}\right) + \frac{17,27 + T_{BS}}{237,7 + T_{BS}} \right]} \right) - 2. \quad (\text{Eq. 12})$$

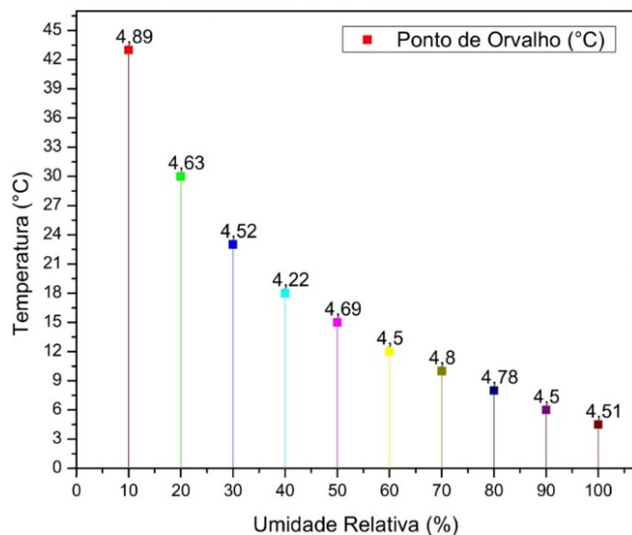


Figura 5: Condições limites de temperatura e umidade relativa. **Fonte:** Autor.

Um dos parâmetros de trabalho do sistema é a relação entre a temperatura ambiente e a umidade relativa. É possível observar pela Figura 5, as condições mínimas de trabalho. Para umidade de 10%, se a temperatura ambiente for menor que 43°C , não é possível configurar experimentalmente a temperatura da placa peltier para o ponto de orvalho de $4,89^{\circ}\text{C}$ com ajuste de -2°C , ou seja, $2,89^{\circ}\text{C}$, pois estaria próximo do valor de solidificação da água, dispersando do

objetivo de condensação. Outro exemplo seria com 20% de umidade, se a temperatura de bulbo seco fosse 25°C , o ponto de orvalho valeria $0,48^{\circ}\text{C}$, ainda com ajuste do sistema, tal ponto cairia para $-1,52^{\circ}\text{C}$, solidificando a água. Assim vale para as outras condições.

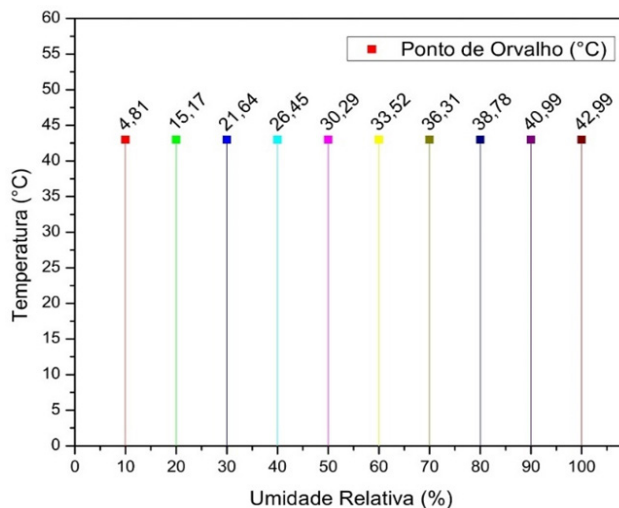


Figura 6: Umidade Relativa x Temperatura Ambiente. **Fonte:** Autor.

Na Figura 6 é apresentado o ponto de orvalho, sem o ajuste de temperatura de -2°C , enviado à placa peltier para cada valor de umidade, ou seja, em relação a uma única temperatura, 43°C . A partir desta, é perceptível que a umidade relativa influencia no ponto de condensação, além disso, quanto maior esta porcentagem, maior a possibilidade de os dissipadores de calor trabalharem próximo à temperatura ambiente.

SIMULAÇÃO

As simulações foram realizadas no Ansys, com diferentes condições de umidade e velocidade de ar injetado. Na primeira simulação foi observada a temperatura da superfície estendida do lado frio com relação ao seu comprimento, com tempo de 2 minutos para cada teste, e velocidades da ventilação forçada de 2m/s, 1 m/s e 0,5 m/s, observado pela Tabela 1.

Tabela 1: Condições para a primeira simulação. **Fonte:** Autor.

Condição	UR (%)	T(°C)	PO(°C)
1	20	35	8,66
2	40	32	16,68
3	60	31	22,3
4	80	32	28,1

A segunda simulação foi realizada utilizando 06, 08, 10 e 20 dissipadores, sob regime laminar, mantendo a temperatura de 30°C, porém utilizando duas condições diferentes de umidade relativa 20% e 70%, com quatro velocidades, 2m/s, 1 m/s, 0,5 m/se 0,35 m/s, tendo a duração dos testes por 300s (trezentos segundos), com 10 iterações a cada segundo, observando a influência da ventilação forçada no sistema em relação à umidade para obtenção da fração de água líquida condensada.

Resultados e Discussão

Os resultados da simulação 01 são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Teste de condições para velocidade e umidade. **Fonte:** Autor.

	Condição 1	Condição 2	Condição 3	Condição 4
Temperatura ambiente (°C)	35	32	31	33
UR%	20	40	60	80
Ponto de Orvalho (°C)	8,66	16,68	22,3	29,07
Comprimento refrigerado com Ventilação 2 m/s (mm)	10	17	35	35
Comprimento refrigerado com Ventilação 1 m/s (mm)	17,77	25	35	35
Comprimento refrigerado com Ventilação 0,5 m/s (mm)	35	35	35	35

Como pode ser observado, na Condição 1, com ventilação forçada de 2 m/s, grande parte da aleta ficou acima do ponto de orvalho, tendo atingido o valor abaixo desse ponto em 10 m/s até do comprimento total. A 1 m/s, na metade do comprimento da aleta já foi possível atingir a temperatura de condensação. Enquanto para a velocidade de 0,5 m/s foi alcançado o valor ideal do teste em toda sua dimensão.

Seguindo o mesmo princípio de análise para os outros testes, na Condição 2 apenas com velocidade de 0,5 m/s obteve-se eficiência de 100% da aleta. Nas Condições 3 e 4, os resultados já mostram grande diferença por questão da alta umidade, com 2 m/s já é atingido na ponta da aleta uma temperatura abaixo do ponto de orvalho. Sendo assim, o mesmo processo acontece com velocidades menores, uma vez que os resultados são melhores como de acordo com Tabela 1.

Os resultados da simulação 02 são mostrados na Tabela 3.

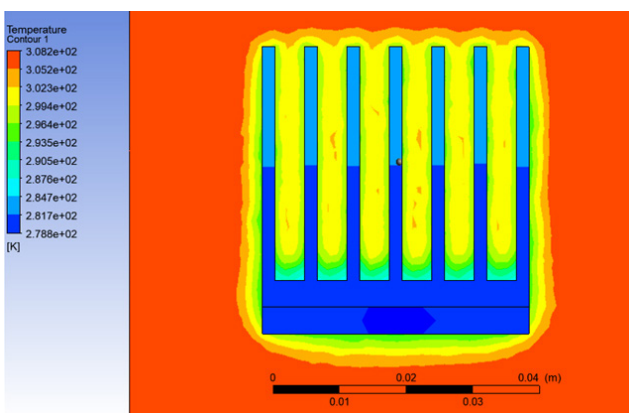


Figura 7: Temperatura da Condição 1 com velocidade de 1 m/s. **Fonte:** Autor.

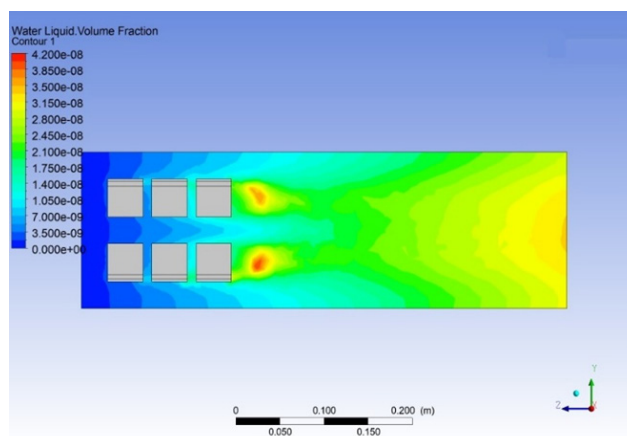


Figura 8: Fração de volume de água líquida em 6 módulos e UR a 20% com 1 m/s. **Fonte:** Autor.

Tabela 3: Resultados da fração de volume de água líquida. **Fonte:** Autor.

Condições	FRACÃO DE VOLUME DE ÁGUA LÍQUIDA (Kg/Kg)			
	06 módulos	08 módulos	10 módulos	20 módulos
2 m/s 20% (UR)	1,639e ⁻⁰⁸	4,634e ⁻⁰⁸	2,676e ⁻⁰⁸	1,532e ⁻⁰⁷
2 m/s 70% (UR)	5,701e ⁻⁰⁸	6,820e ⁻⁰⁸	8,425e ⁻⁰⁸	4,515e ⁻⁰⁷
1 m/s 20% (UR)	4,200e ⁻⁰⁸	2,176e ⁻⁰⁸	1,018e ⁻⁰⁷	2,043e ⁻⁰⁶
1 m/s 70% (UR)	1,320e ⁻⁰⁷	1,444e ⁻⁰⁷	3,378e ⁻⁰⁷	4,156e ⁻⁰⁶
0,5 m/s 20% (UR)	1,067e ⁻⁰⁷	2,314E ⁻⁰⁸	2,929e ⁻⁰⁵	2,732e ⁻⁰⁶
0,5 m/s 70% (UR)	3,255e ⁻⁰⁷	3,782e ⁻⁰⁷	1,222e ⁻⁰⁴	8,732e ⁻⁰⁶
0,35 m/s 20% (UR)	1,816e ⁻⁰⁷	3,845e ⁻⁰⁶	3,533e ⁻⁰⁵	8,588e ⁻⁰⁶
0,35 m/s 70% (UR)	5,487e ⁻⁰⁷	1,263e ⁻⁰⁵	1,260e ⁻⁰⁴	2,877e ⁻⁰⁵

Tabela 4: Potência consumida por quantidade de módulos de peltier. **Fonte:** Autor.

Ponto de Orvalho	Potência consumida (KWh)			
	06 módulos	08 módulos	10 módulos	20 módulos
2,57 °C (20% 30°C)	0,0274	0,0364	0,045	0,0910
21,91 °C (70% 30°C)	0,008	0,01074	0,0134	0,0268

É possível observar, com aumento da umidade, obtenção de maior fração de volume de água líquida, porém se a ventilação forçada for aumentada mesmo com alta umidade, o volume condensado diminui. Também pode-se perceber que tendo a ventilação forçada de 1m/s, obtém-se mais fração líquida com 20 módulos dissipadores do que com 10 módulos, contudo se diminuir a velocidade, a situação inverte obtendo resultados melhores, tanto em produção quanto em consumo de energia. Esse detalhe pode ser uma condição de funcionamento, caso seja montado um equipamento, em que este pode trabalhar de acordo com a ventilação do ambiente além da ventilação forçada.

Conclusão

Simulações foram feitas com diferentes condições, observando a temperatura das aletas do lado frio e a fração de volume d'água condensada. A eficiência da temperatura distribuída na aleta está diretamente relacionada com a umidade do ambiente e a velocidade da ventilação. Com baixa umidade, o ideal é não ter ventilação para que toda a aleta consiga ficar abaixo do ponto de orvalho, enquanto com alta umidade, mesmo

com ventilação a 2 m/s toda a extensão da aleta atingiu o ponto de condensação. Todavia, uma maior quantidade de água condensada foi atingida com menor velocidade. A quantidade de módulos peltier também influenciou, podendo ser ajustado ainda mais o fluxo de ar para atingir melhor eficiência energética e produtiva. A umidade impactou diretamente na quantidade de condensado, tanto quanto na potência consumida pelos módulos.

Mais estudos devem ser realizados para compreender melhor a relação entre a umidade relativa e a velocidade da ventilação forçada.

Referências

1. Fernandes D. Escassez de água pode gerar conflitos no futuro, dizem especialistas [Internet]. BBC. [citado 2019 jan 3]; Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2012/03/120316_agua_escassez_df
2. Drinking-water [Internet]. WHO. [citado 2019 jan 2]; Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
3. 2.1 billion people lack safe drinking water at home, more than twice as many lack safe sanitation [Internet]. WHO. [citado 2019 jan 2]; Disponível em: <https://www.who.int/news-room/headlines/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>
4. Insights from the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. IWMI [Internet]. 2006 [citado 2019 jan 5]; 7. Disponível em: https://thewaterproject.org/world_water_week.pdf
5. Hellström B. Potable water extracted from the air report on laboratory experiments. J. Hydrol. [Internet]. 1969 set; 9(1):1–19. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022169469900110>
6. Gad H., Hamed A., El-Sharkawy I. Application of a solar desiccant/collector system for water recovery from atmospheric air. Renew. Energy [Internet]. 2001 abr;22(4):541–556. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960148100001129>
7. Shourideh AH, Bou Ajram W, Lami J Al, Haggag S, Mansouri A. A comprehensive study of an atmospheric water generator using Peltier effect. Therm. Sci. Eng. Prog. [Internet]. 2018; 6 (February):14–26. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2018.02.015>
8. Liu S, He W, Hu D, Lv S, Chen D, Wu X, *et al.* Experimental analysis of a portable atmospheric water generator by thermoelectric cooling method. Energy Procedia [Internet]. 2017 dez;142:1609–1614. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S187661021736294X>

9. Muñoz-García MA, Moreda GP, Raga-Arroyo MP, Marín-González O. Water harvesting for young trees using Peltier modules powered by photovoltaic solar energy. *Comput. Electron. Agric.* **2013**;93:60–67.
10. Williams DDR. Earth Fact Sheet [Internet]. NASA. 2019 [citado **2019** fev 15]; Disponível em: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>
11. Rocha JC, Rosa AH, Cardoso AA. Introdução à química ambiental. 2o ed. Porto Alegre: Bookman; **2009**.
12. Sarokin D. How to Explain the Process of Condensation [Internet]. [citado **2019** jan 5]; Disponível em: <https://sciencing.com/explain-process-condensation-children-5124290.html>
13. Intramolecular and intermolecular forces [Internet]. Khan Acad. [citado **2019** mar 2]; Disponível em: <https://www.khanacademy.org/test-prep/mcat/chemical-processes/covalent-bonds/a/intramolecular-and-intermolecular-forces>
14. Vitz E, Moore JW, Shorb J, Prat-Resina X, Wendorff T, Hahn A. Enthalpy of Fusion and Enthalpy of Vaporization. **2019**;
15. Lee H. Thermal Design Heat Sinks, Thermoelectrics, Heat Pipes, Compact Heat Exchangers, and Solar Cells. Hoboken, New Jersey: JOHN WILEY & SONS, INC; **2010**.
16. Riffat SB, Ma X. Improving the coefficient of performance of thermoelectric cooling systems: a review. *Int. J. Energy Res.* **2004** jul;28(9):753–768.
17. Patel J, Patel M, Patel J, Modi H. Improvement In The COP Of Thermoelectric Cooler. *Int. Sci. Technol. Res.* 5 (5).
18. INCROPERA FP, WITT DP DE, BERGMAN TL, LAVINE AS. Fundamentos de transferência de calor e de massa, tradução da 6 ed. Rio Janeiro, Bras. LTC. **2008**;
19. Khan Academy. Cohesion and adhesion of water [Internet]. [citado **2019** out 2]; Disponível em: <https://www.khanacademy.org/science/biology/water-acids-and-bases/cohesion-and-adhesion/a/cohesion-and-adhesion-in-water>
20. Cengel YA, Ghajar AJ. Transferência de Calor e Massa. Amgh Editora; **2009**.

Igor T. B. Medeiros*, Matheus S. Oliveira & Victor E. N. A. Pericoli

Departamento de Engenharias, Cursos de Engenharia Mecânica e Elétrica. Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. Avenida Universitária, km 3,5, Centro Universitário, Anápolis, Goiás, Brasil.

*E-mail: igorthalles@outlook.com